

DIAGNOSA KEGAGALAN RODA GIGI BERBASIS SINYAL GETARAN MENGGUNAKAN METODE *SUPPORT VECTOR* *MACHINE*

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar
Sarjana Teknik**



Oleh:

AGIL RIZKI ARDIANSYAH
NIM. I 0411002

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2017**



KEMENTERIAN RISET TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS SEBELAS MARET - FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI S1 TEKNIK MESIN

Jl Ir Sutami No. 36A Ketingan Surakarta Telp. 0271 632163 web: mesin.ft.uns.ac.id

**SURAT TUGAS PEMBIMBING DAN PENGUJI TUGAS AKHIR
PROGRAM SARJANA TEKNIK MESIN UNS**

Program Studi : **S1 Teknik Mesin** Nomor :

0679/TA/S1/12/2015

Nama : **AGIL RIZKI ARDIANSYAH**
NIM Bidang : **I0411002**
Pembimbing 1 : **Desain**
Pembimbing 2 : **R. LULUS LAMBANG, ST,MT/197207052000121001**
:DIDIK DJOKO SUSILO, ST,MT/197203131997021001

Penguji : **1. WIBOWO, ST,MT/ 196904251998021001**
2. DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT/ 197003231998021001
3. PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM/
197301261997021001

Mata Kuliah Pendukung

- 1.SISTEM PERPIPAAN(MS03023-10)**
- 2.PERAWATAN PREDIKTIF(MS03043-10)**
- 3.TEKNOLOGI DAN PROSES PEMESINAN(MS05013-10)**

Judul Tugas Akhir

**"DIAGNOSA KEGAGALAN RODA GIGI BERBASIS SINYAL
GETARAN MENGGUNAKAN METODE SUPPORT VECTOR
MACHINE"**



Tembusan :

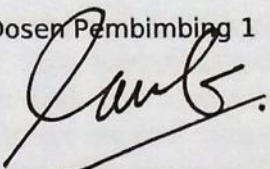
1. Mahasiswa ybs.
2. Dosen Pembimbing TA ybs.
3. Koordinator TA.
4. Arsip.

DIAGNOSA KEGAGALAN RODA GIGI BERBASIS SINYAL GETARAN MENGUNAKAN METODE SUPPORT VECTOR MACHINE

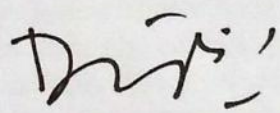
Disusun Oleh

AGIL RIZKI ARDIANSYAH
NIM : 10411002

Dosen Pembimbing 1

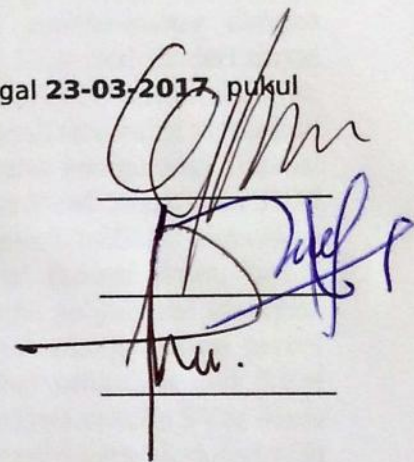

R. LULUS LAMBANG, ST,MT
NIP. 197207052000121001

Dosen Pembimbing 2



DIDIK DJOKO SUSILO, ST,MT
NIP. 197203131997021001

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **23-03-2017** pukul **10:00:00**, bertempat di **M.101, Gd.1 FT-UNS.**

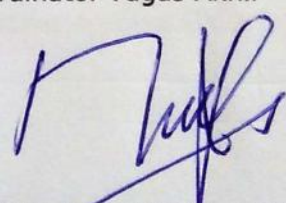
1. **WIBOWO, ST,MT**
196904251998021001
2. **DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT**
197003231998021001
3. **PURWADI JOKO WIDODO, ST, M. KOM**
197301261997021001



Kepala Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
Surakarta


DR. ENG. SYAMSUL HADI, ST,MT
NIP. 197106151998021002

Koordinator Tugas Akhir


DR. NURUL MUHAYAT, ST,MT
NIP. 197003231998021001

DIAGNOSA KEGAGALAN RODA GIGI BERBASIS SINYAL GETARAN MENGGUNAKAN METODE *SUPPORT VECTOR MACHINE*

Agil Rizki Ardiansyah

Jurusan Teknik Mesin

Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Surakarta Indonesia

E-mail : ardiansyah.agil13@gmail.com

Abstrak

Roda gigi merupakan komponen penting sebuah mesin rotasi sebagai sistem transmisi daya. Kerusakan roda gigi dapat mengakibatkan sistem tidak beroperasi dengan normal. Oleh karena itu diagnosis kerusakan roda gigi berbasis pemantauan kondisi mesin menjadi sangat penting. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendiagnosis dan mengklasifikasikan kerusakan roda gigi berbasis sinyal getaran dengan metode *Support Vector Machine* (SVM). Penelitian ini menggunakan alat uji roda gigi yang diputar pada kecepatan konstan 1250 rpm dengan kondisi roda gigi : normal, patah gigi 25%, patah gigi 50% dan patah gigi 100% pada satu gigi. Sinyal getaran direkam menggunakan sebuah sensor *accelerometer* dengan frekuensi sampling 20 kHz yang dipasang pada arah radial. Fitur statistik dari sinyal getaran domain waktu seperti, *peak value*, *range*, *RMS*, *kurtosis*, *variance*, *mean*, *skewness*, dan *impuls factor* digunakan untuk menganalisis kondisi kerusakan roda gigi. *Principle Component Analysis* (PCA) dipakai untuk mengurangi dimensi dari fitur roda gigi yang digunakan sebagai input *multiclass* SVM. Klasifikasi SVM diselesaikan dengan software MATLAB 2015b. Untuk proses klasifikasi digunakan metode *One Against One* (OAO) dan tiga fungsi kernel (kernel linier, kernel polynomial, kernel RBF). Hasilnya, kernel RBF dan kernel polynomial memiliki nilai akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan kernel linier. Akurasi model pelatihan adalah 100% dan akurasi pengujian dari SVM adalah 99.17%. Sehingga, hasil penelitian menunjukkan bahwa metode SVM dapat digunakan untuk mendiagnosis dan mengklasifikasikan kondisi kerusakan dari roda gigi.

Kata kunci: roda gigi, fitur statistik, *Principal Component Analysis* (PCA), fungsi kernel, *Support Vector Machine* (SVM).

GEAR FAULT DIAGNOSIS BASED VIBRATION SIGNAL AND SUPPORT VECTOR MACHINE METHOD

Agil Rizki Ardiansyah
Departement of Mechanical Engineering
Engineering Faculty of Sebelas Maret University
Surakarta Indonesia
E-mail : ardiansyah.agil13@gmail.com

Abstract

Gears are important components of the rotating machinery as the power transmission system. The failure of gear causes the system doesn't operate normally. Therefore, fault diagnose of gear based on machine condition monitoring is very important. The aim of this research is to diagnose and classification of a gear fault based vibration signal using Support Vector Machine (SVM). This study using the gear test rig that rotated at the costant speed of 1250 rpm with the condition of the gear : normal, 25% tooth cut, 50% tooth cut and 100% tooth cut in single tooth. Vibration signals recorded using an accelerometer sensor with a sampling frequency of 20 kHz which is mounted in the radial direction. Statistical features of time domain vibration signal like, peak value, range, RMS, kurtosis, variance, mean, skewness, and impulse factor is used to to analyze the gear fault condition. Principle Component Analysis (PCA) is employed to decrease the dimensionality of the gear feature parameters were used as input to a multiclass SVM. SVM classification problems were solved using MATLAB 2015b. The classification process used one againts one (OAO) method and three kernel function (linear kernel, polynomial kernel, RBF kernel). These result show that accuracy of RBF kernel and polynomial kernel are higher than linear kernel. The training model accuracy was 100 % and the testing of SVM accuracy was 99.17%. Finally, The research results show that the SVM method can be used to diagnose and classify the fault condition of the gear.

.

Keyword : gear, statistical feature, Principal Component Analysis (PCA), kernel function, Support Vector Machine (SVM).

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayah kepada penulis sehingga mampu melaksanakan dan menyelesaikan skripsi dengan judul “Diagnosa Kerusakan Roda Gigi Berbasis Sinyal Getaran Dengan Metode *Support Vector Machine* dengan baik. Skripsi ini disusun guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam mengerjakan skripsi ini tidaklah mungkin dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada semua pihak atas segala bantuan dan perhatian selama penulis menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak R. Lullus Lambang G. Hidayat., ST., MT. selaku pembimbing I yang telah banyak membantu pengerjaan program untuk skripsi ini, juga telah memberikan koreksi pemahaman serta masukan-masukan yang berharga bagi penulis.
2. Bapak Didik Djoko Susilo, ST.MT. selaku pembimbing II yang dengan sabar dan penuh pengertian telah mengajarkan tentang konsep dan wawasan baru, dan memberikan banyak bantuan dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Bapak Purwadi Joko ST., MKom., Dr. Nurul Muhyat, ST., MT. dan Bapak Wibowo ST.,MT selaku dosen penguji tugas akhir saya yang telah memberi saran yang membangun.
4. Bapak D. Danardono, ST., MT., Ph.D. selaku Pembimbing Akademis yang telah berperan sebagai orang tua penulis dalam menyelesaikan studi di Universitas Sebelas Maret ini.
5. Bapak Dr. Syamsul Hadi, ST., MT. selaku ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
6. Bapak Dr. Nurul Muhyat, ST., MT. selaku koordinator Tugas Akhir.

7. Seluruh staf dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang telah turut serta mendidik penulis hingga menyelesaikan studi S1.
8. Seluruh staf karyawan administrasi Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret yang telah memberikan kemudahan dalam hal administrasi.
9. Ayah, Ibu dan kakak atas do'a restu, nasihat, motivasi, dukungan material dan spiritual dalam menyelesaikan skripsi.
10. Teman-teman seperjuangan Muhammad Fathurrohman, Akbar Aulia Nur, dan Wanto sejak awal pengerjaan TA sampai dengan selesai.
11. Rekan-rekan seperjuangan di *Mecheng* 11, atas kebersamaan dan kekompakannya.
12. Segenap Keluarga Mahasiswa Teknik Mesin yang telah memberikan pembelajaran berharga yang akan selalu saya ingat.
13. Dan semua pihak yang telah mendukung kelancaran skripsi penulis yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Pada akhirnya penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna karena keterbatasan kemampuan dan pengetahuan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak supaya menjadi masukan yang sangat berguna bagi penulis untuk memperbaiki dan menyempurnakan penulisan lain yang akan datang. Akhir kata, penulis berharap semoga laporan skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua dan bagi penulis pada khususnya.

Surakarta, Januari 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II DASAR TEORI	
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Roda Gigi.....	7
2.2.1 Bagian- Bagian roda gigi	7
2.2.2 Jenis- Jenis Roda gigi	8
2.2.3 Cacat Pada Roda gigi.....	9
2.3 Getaran.....	12
2.3.1 Sinyal Getaran Domain Waktu.....	12
2.3.2 Ekstraksi Fitur Sinyal Getaran.....	13
2.3.3 Sinyal Getaran Domain Frekuensi.....	16
2.3.4 Frekuensi Kontak Gigi(Gearmesh).....	16
2.3.5 Frekuensi Sideband.....	17
2.4 Principle Componen Analysis	17
2.5 Support Vector Machine.....	19
2.5.1 Alogaritma Support Vector Machine.....	21

2.5.2 Metode Kernel	23
BAB III DASAR TEORI	
3.1 Diagram Alir.....	25
3.2 Alat dan Bahan	27
3.3 Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	30
3.3.1 Tahapan Persiapan Pengambilan Data	30
3.3.2 Tahapan Pengambilan Data	30
3.3.3 Tahapan Pengolahan data dan Analisa data	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Data Penelitian.....	33
4.1.1 Sinyal Getaran Domain Waktu.....	33
4.1.2 Ekstraksi Fitur Statistik	34
4.2 Klasifikasi Dengan Metode SVM.....	38
4.2.1 Klasifikasi SVM Data Pelatihan.....	40
4.2.2 Klasifikasi SVM Data Uji.....	43
BAB V KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagian- Bagian Roda gigi lurus	7
Gambar 2.2 Cacat permukaan roda gigi.....	11
Gambar 2.3 Sinyal getaran untuk roda gigi kondisi normal dan rusak	12
Gambar 2.4 <i>Transformasi fourier</i> dari sinyal domain waktu menjadi domain frekuensi	16
Gambar 2.5 <i>Hyperplane</i> yang dihasilkan oleh SVM	20
Gambar 2.6 <i>Hyperplane</i> alternatif dan <i>hyperplane</i> terbaik dengan data yang dapat dipisahkan secara linier	21
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	25
Gambar 3.2 Roda gigi	27
Gambar 3.3 Rig roda gigi.....	28
Gambar.3.4 <i>Tacho Sensors</i>	28
Gambar.3.5 <i>Digital Signal Analysis</i>	29
Gambar 3.6 Skema pengujian roda gigi.....	31
Gambar 4.1 Sinyal getaran domain waktu roda gigi.....	33
Gambar 4.2 Kontribusi variance dari principle componen	37
Gambar 4.3 Hasil plot untuk nilai PC1 dan PC2	39
Gambar 4.4 hasil plotting data pelatihan dengan metode SVM kernel linier ...	40
Gambar 4.5 <i>Confusion matrix</i> data pelatihan metode SVM kernel linier.....	40
Gambar 4.6 hasil plotting data pelatihan dengan metode SVM kernel <i>polynomial</i>	41
Gambar 4.7 <i>Confusion matrix</i> data pelatihan metode SVM kernel <i>polynomial</i>	41
Gambar 4.8 hasil plotting data pelatihan dengan metode SVM <i>kernel</i> RBF	42
Gambar 4.9 <i>Confusion matrix</i> data pelatihan metode SVM kernel RBF.....	42
Gambar 4.10 hasil plotting data uji dengan metode SVM <i>kernel</i> linier.....	43
Gambar 4.11 hasil plotting data uji dengan metode SVM <i>kernel polynomial</i> ..	44
Gambar 4.12 hasil plotting data uji dengan metode SVM <i>kernel</i> RBF.....	44

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Ekstaksi fitur roda gigi kondisi normal.....	35
Tabel 4.2 Ekstaksi fitur roda gigi kondisi patah 25%	35
Tabel 4.3 Ekstaksi fitur roda gigi kondisi patah 50%	35
Tabel 4.4 Ekstaksi fitur roda gigi kondisi patah 100%	35
Tabel 4.5 nilai komponen PC1 dan PC2 untuk setiap kondisi roda gigi	38
Tabel 4.6 jumlah data roda gigi yang digunakan	39
Tabel 4.7 Jumlah kesalahan klasifikasi setiap kernel yang digunakan.	45
Tabel 4.8 Tingkat akurasi setiap fungsi kernel	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sinyal Getaran Domain Waktu	50
Lampiran 2 Fitur Statistik	52
Lampiran 3 Nilai PCA	59
Lampiran 4 Script Multiclass SVM	66